Didaktisch-methodische Hinweise

Ausgangsbasis des Unterrichts ist die Gleichgewichtslage des den Schülern bekannten Essigsäure-Protolyse-Gleichgewichts. Auf dieses Gleichgewicht wird ein äußerer Zwang ausgeübt, indem Natriumacetat zugegeben wird. Wegen des relativ großen pK_S- und des noch größeren pK_B-Wertes von Essigsäure bzw. Acetat-Ionen können begründete Aussagen zu den Gleichgewichtskonzentrationen gemacht werden, wodurch die gedankliche Ausgangssituation zur Wirkung dieser Lösung als Pufferlösung geschaffen ist.

Für den weiteren Ablauf gäbe es die Möglichkeit, diese Pufferwirkung
a) in einem Experiment zu demonstrieren und anschließend zu erklären,
oder
b) in einem Gedankenexperiment vorherzusagen und die Vorhersage anschließend in einem Experiment zu bestätigen.

Der hier vorgestellte Unterrichtsverlauf bezieht sich auf die zweite Variante. Die eingesetzten Materialien können aber für die erste Variante ebenfalls genutzt werden.

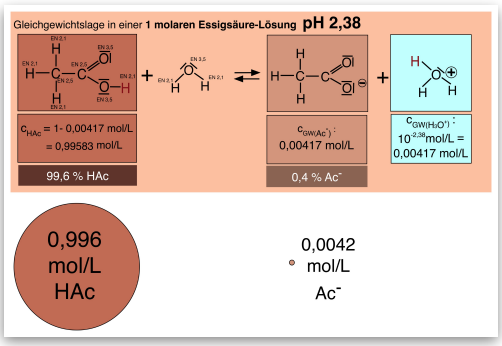
Möglicher Ablauf

1

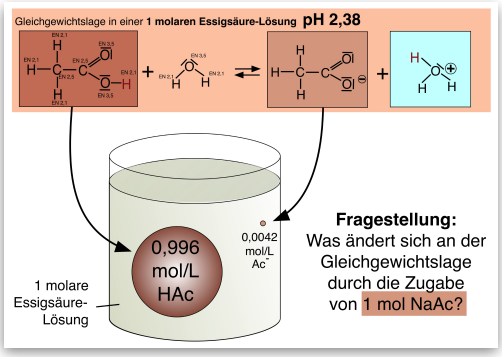
Erweiterung der Betrachtung eines bekannten Gleichgewichts

Anknüpfungspunkt an den vorangegangenen Unterricht ist die neuerliche Betrachtung des HAc/Ac^- -Gleichgewichts.

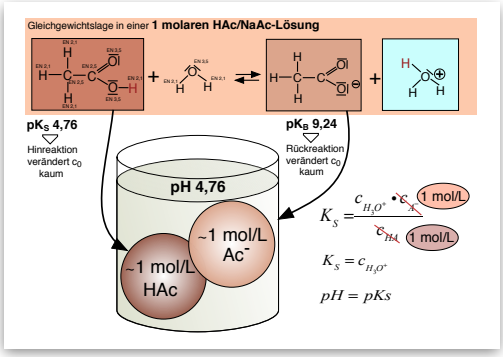
Die extreme Gleichgewichtslage wird zusätzlich durch eine Visualisierung hervorgehoben.



Die Veränderung der Gleichgewichtslage durch Erhöhung der Konzentration eines Produktes wird in einem Gedankenexperiment diskutiert. Auf der Basis des Prinzips von Le Chatelier und der Größe von pKs- bzw. pK_B-Wert können die SuS begründete Aussagen zu den Gleichgewichtskonzentrationen von HAc bzw. Ac^- machen.



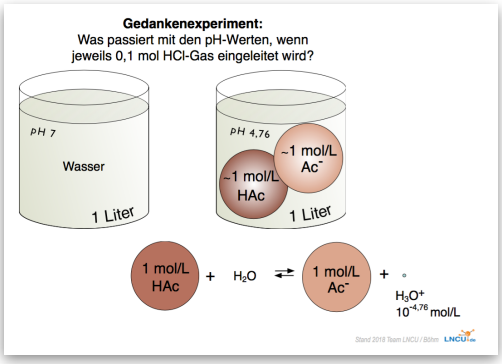
Die Besonderheiten des sich einstellenden Gleichgewichts inkl. der Bedeutung für den pH-Wert werden nach der Diskussion ebenfalls visualisiert.

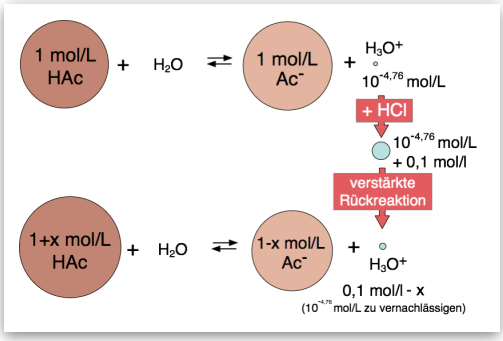


2

Problemstellung bearbeiten und Vorstellungen entwickeln

Die „Entdeckung“ der Pufferwirkung der HAc/NaAc-Lösung erfolgt ebenfalls zunächst in einem Gedankenexperiment. Hierzu prognostizieren die SuS die Auswirkungen der Zugabe von Salzsäure auf den pH-Wert. Parallel dazu wird das gleiche für Wasser durchdacht, um die Pufferwirkung als Besonderheit erkennen zu können.

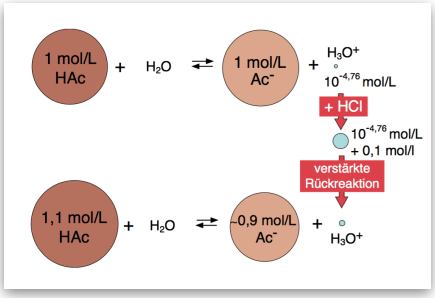


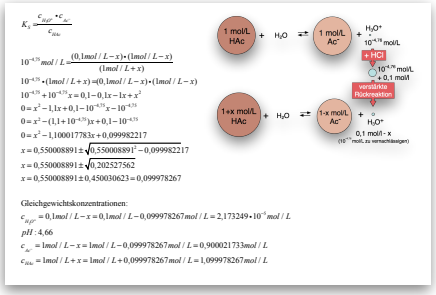


Die Frage nach der präzisen Berechnung des pH-Wertes der entstandenen Lösung kann an verschiedenen Stellen des Unterrichtsverlaufs auftreten.

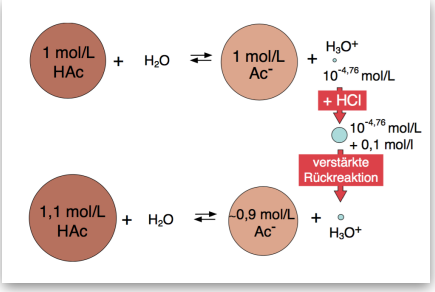
Ist es für die Lernenden zunächst plausibel, das alle zugegebenen H_3O^+-Ionen von Acetat-Ionen abgefangen werden, kann zunächst mit dieser Annahme weitergearbeitet werden Die HAc- und die Ac^- -Konz. ändern sich demnach um 0,1 mol/L.

Wird allerdings sofort diskutiert, dass ein kleiner Teil der zugefügten H_3O^+-Ionen übrig bleiben muss, damit der Massenwirkungsquotient weiterhin mit K_S übereinstimmt, sollte die präzise Berechnung an dieser Stelle vorgenommen werden. Auch hierbei kommen die SuS zu dem Schluss, das die HAc- und die Ac^- -Konz. sich um 0,1 mol/L ändern.





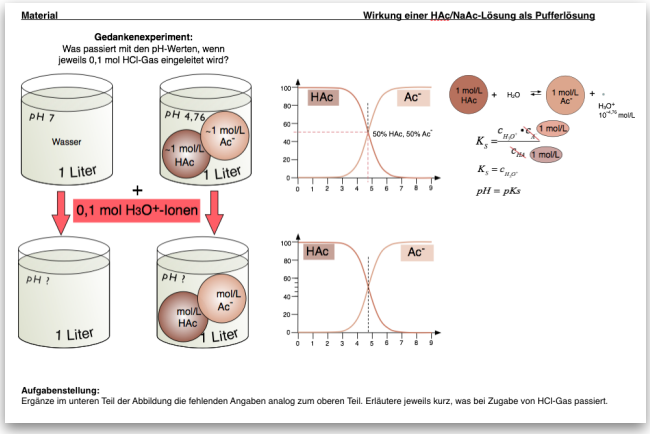
Als Ergebnis der Überlegungen liegen in beiden Fällen Aussagen zu den neuen Gleichgewichtskonzentrationen von HAc und Ac^- vor.



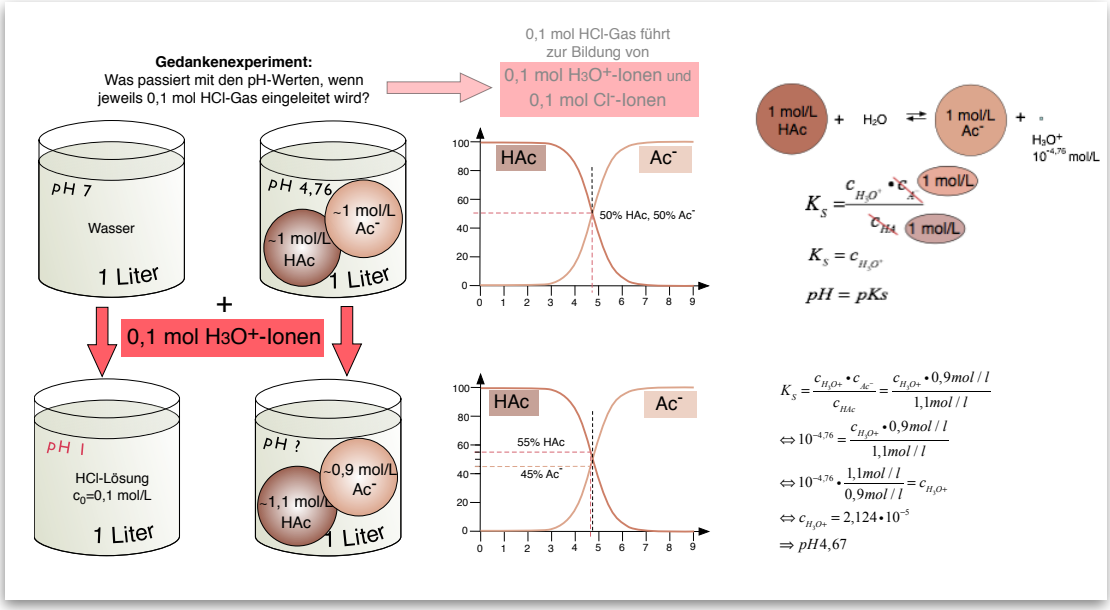
3

Sicherung der Erkenntnisse

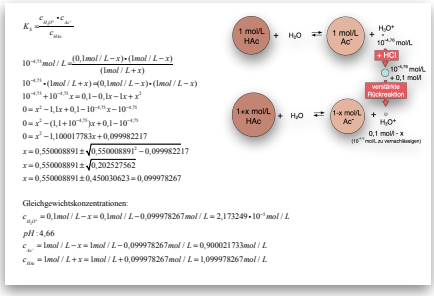
Mit einem Arbeitsblatt können die neuen Erkenntnisse gesichert werden. Zusätzlich sollen die Überlegungen mit einem Diagramm in Bezug gebracht werden, dass die HAc/Ac⁻-Konz.-Verhältnisse bei verschiedenen pH-Werten graphisch erfasst. Des Weiteren soll der pH-Wert hergeleitet werden.



Diskussion der Ergebnisse:

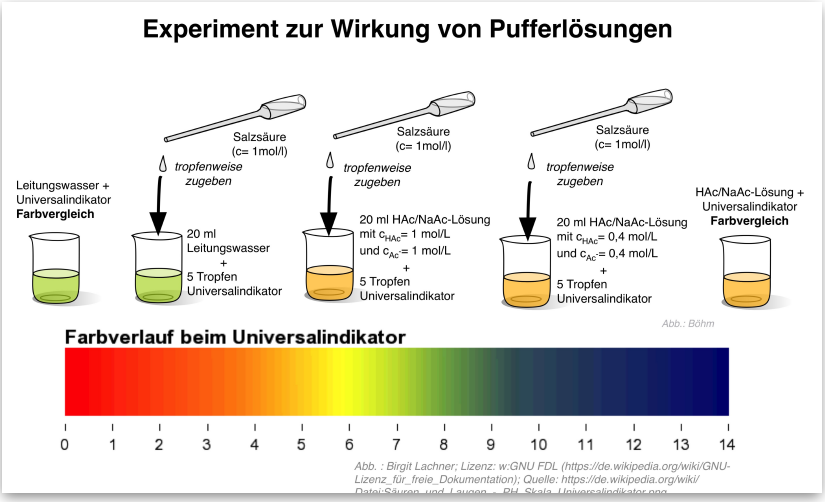


Falls die exakte Berechnung des pH-Wertes nicht zuvor schon durchgeführt wurde, sollte sie nach der Besprechung des Arbeitsblattes angeschlossen werden, um den Überlegungen mehr Gewicht zu verleihen. Die Fragestellung müsste ggf. vom Lehrer vorgegeben werden: Ist es überhaupt legitim, davon auszugehen, dass die zugegebenen H_3O^+-Ionen mehr oder weniger komplett von den Acetat-Ionen abgefangen werden? Die präzise Berechnung über das Massenwirkungsgesetz würde sich anschließen.

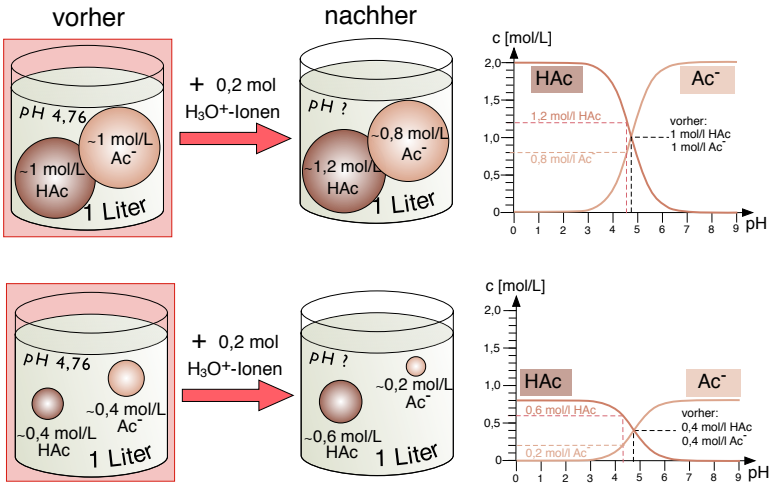


4 *Überprüfung der Ergebnisse im Experiment*

Bisher sind alle Überlegungen rein theoretischer Natur, die sich alle aus dem Vorwissen der SuS ableiten ließen; können diese Überlegungen bzw. Vorhersagen in einem Experiment verifiziert werden, zeigt dies den SuS sehr deutlich ihren Kompetenzzuwachs und die Tragfähigkeit der erarbeiteten Schlussfolgerungen bzgl. der Wirkung von Pufferlösungen. Werden in diesem Experiment unterschiedlich konzentrierte Pufferlösungen im Vergleich getestet, kann anschließend auch der Begriff der Pufferkapazität mit diskutiert werden.



Mögliche Folie zur Visualisierung unterschiedlicher Pufferkapazitäten.



5 *Zusammenfassung der neuen Erkenntnisse*

Puffer: Lösungen, deren pH-Wert trotz Zugabe von Säuren oder Basen weitgehend konstant bleibt. Sie enthalten eine relativ schwache Säure und die korrespondierende (ebenfalls schwache) Base. (oder eine rel. schwache Base und die (ebenfalls schwache korrespondierende Säure)

Vertiefende Diskussionen zur Festigung des Verständnisses:

- Warum eignen sich zur Herstellung von Pufferlösungen keine starken Säuren bzw. Basen?
- Herleitung der Henderson-Hasselbalch-Gleichung
- pH-Wert einer Pufferlösung hängt ab vom
    a) pKs-Wert der Puffersäure
    b) Konz.-Verhältnis von HA zu A^-(bei einem Verhältnis von 1:1 gilt: pH=pKs)
- Henderson-Hasselbalch-Gleichung ist nur unter zwei Bedingungen gültig:
    a) alle HA-Moleküle kommen von der vorgegebenen Menge HA,
    b) alle A-Ionen kommen vom zugegebenen Salz.
- Pufferwirkung ist nur solange gegeben, wie sich durch die Zugabe von H_3O^+- oder OH^- -Ionen das Konz.-Verhältnis von HAc zu Ac^- nicht nennenswert verändert. (üblicherweise nimmt man Schwankungen in einem Bereich von Konz.-Verhältnis zwischen 3:1 und 1:3 in Kauf - ergibt eine pH-Schwankung von etwa 1 [log von 3: 0,48; log 0,33: -0,48])
- Die Pufferkapazität hängt von der Größe der Konzentrationen ab: je größer die Konzentrationen, desto größer die die Menge an Säure oder Lauge, die abgefangen werden kann.
- möchte man eine Pufferlösung mit einem bestimmten pH-Wert herstellen, wählt man entsprechend eine Puffersäure, deren pKs-Wert in der Nähe des gewünschten pH-Wertes liegt, damit das Konz.-Verhältnis HA zu A^- möglichst nahe an 1:1 liegt.
- bei zu starker Verdünnung gilt die Gleichung auch nicht mehr (dann ändert sich das Verhältnis von c(HA) zu $c(A^-)$ entsprechend schnell)

6 *Ausblick: Möglicher weiterer Ablauf*

- Übungsaufgaben zu Pufferlösungen
- Vertiefende Betrachtung des Blutpuffers und der abzupuffernden Säure- und Base-Einflüsse im Stoffwechsel
- Sprudelwässer mit unterschiedlichem Hydrogencarbonatgehalt als Pufferlösung (Möglichkeit der Wiederholung des Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Gleichgewichts und des natürlichen Kalkkreislaufs)
- Meerwasser als Pufferlösung
- Pufferlösungen für Medikamente